

Citation 2

FULLY OPTICAL COMMUNICATION NETWORK ARCHITECTURE

Patent number: JP7007523 / > (Japanese Patent Appln. Opened No. 7,523 / 1995)
 Publication date: 1995-01-10
 Inventor: CHAN VINCENT W S; GALLAGER ROBERT G; KIRBY ALAN J; SALEH ADEL A M
 Applicant: AT & T CORP
 Classification:
 - international: H04L12/44; H04B10/20
 - european:
 Application number: JP19940030732 19940301
 Priority number(s):

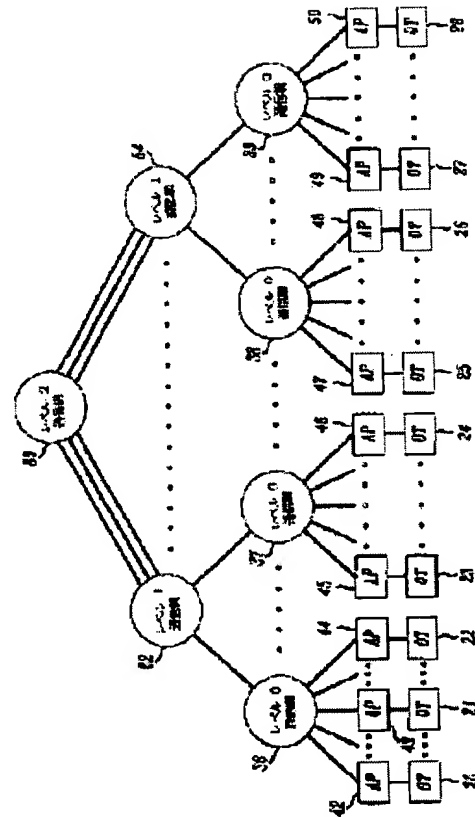
Also published as:



EP0614291 (A)
 US5351146 (A)

Abstract of JP7007523

PURPOSE: To obtain a fully optical communication network which can house a diversity of applications, services, interfaces, protocols, and signal formats.
CONSTITUTION: Each level '0' communication network 36-39 internally shares a wavelength, but a wide range of reuse of wavelengths exists between different level-zero communication networks. Level '1' communication networks 62 and 64 having higher levels substantially constitute wavelength routers coupled with each other through one or a plurality of level '0' communication networks to provide wavelength routes for one or a plurality of directly connected level '0' communication networks or optical routes to one or a plurality of level '0' communication networks on the outside of the networks 62 and 64 by the combination with level '2' communication networks 80. The level '2' communication networks are second-level wavelength routing networks which do not provide wavelength routes, but optical routes among level '1' communication networks. The level '2' communication networks adopt not only fiber trunks, but also frequency changing devices in addition to wavelength routers and spatial switches.



Data supplied from the esp@cenet database - Patent Abstracts of Japan

BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-7523

(43) 公開日 平成7年(1995)1月10日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 4 L 12/44				
H 0 4 B 10/20				
		8732-5K	H 0 4 L 11/ 00	3 4 0
		9372-5K	H 0 4 B 9/ 00	N

審査請求 未請求 請求項の数29 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願平6-30732

(22) 出願日 平成6年(1994)3月1日

(31) 優先権主張番号 0 2 4 6 5 5

(32) 優先日 1993年3月1日

(33) 優先権主張国 米国 (U S)

(71) 出願人 390035493

エイ・ティ・アンド・ティ・コーポレーション

AT&T CORP.

アメリカ合衆国 10013-2412 ニューヨーク
ニューヨーク アヴェニュー オプ
ジ アメリカズ 32

(72) 発明者 ヴィンセント ダブリュ. エス. チャン

アメリカ合衆国 01773 マサチューセツ
ツ, リンカーン, タワー ロード 163

(74) 代理人 弁理士 岡部 正夫 (外2名)

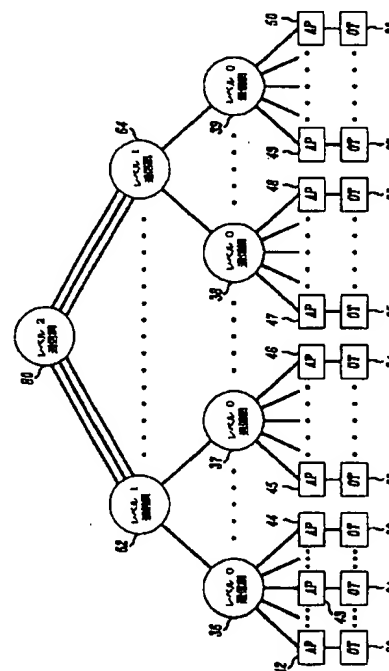
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 全光学通信網アーキテクチャ

(57) 【要約】 (修正有)

【目的】 多様性を持つアプリケーション、サービス、インターフェース、プロトコル及び信号フォーマットを収容できる全光学通信網を提供する。

【構成】 各レベル0通信網36~39は、内部的に波長を共有するが、異なるレベル0通信網間において波長の広範囲に及ぶ再使用が存在する。次に高いレベルのレベル1通信網62、64は、本質的に、一つ或は複数の直接に接続されたレベル0通信網への波長経路を提供するため、或はレベル2通信網80との組合せでそれ自身の外側の一つ或は複数のレベル0通信網への光経路を提供するために一つ或は複数のレベル0通信網で結合された波長ルータである。レベル2は、波長経路ではなく光経路をレベル1通信網間で提供する第二のレベルの波長ルーティング網である。レベル2通信網は、ファイバトランクのみか、波長ルータや空間スイッチに加えて周波数変更デバイスを採用する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 通信網であって、これが複数のダウンアクセスポート及び少なくとも一つのアップアクセスポートを持つ第一の全光学同報通信ローカルエリア網、波長信号を送信／受信するための前記の複数のダウンアクセスポートの第一のポートに結合された第一の光端末、光信号を送信／受信するための前記の複数のダウンアクセスポートの第二のポートに結合された第二の光端末、及び光信号を送信／受信するための前記の複数のダウン

アクセスポートの第三のポートに結合された第三の光ポートを含み、前記の光端末が波長送信機及び波長受信機、前記の光端末の一つの所の送信機及び／或は前記の光端末のもう一つの所の受信機を有する選択された波長にチューニングするために光端末に結合された手段、及び少なくとも一つの波長信号を除いて全ての波長信号が前記の第一の全光学同報通信ローカルエリア網から送信されることを阻止するために前記のアップアクセスポートに結合されたバイパス手段を含むことを特徴とする通信網。

【請求項2】 前記の全光学同報通信網が星形結合器を含むことを特徴とする請求項1の通信網。

【請求項3】 前記の波長送信機及び／或は前記の波長受信機の少なくとも一つがチューナブルであることを特徴とする請求項1の通信網。

【請求項4】 前記の全光学同報通信通信網がバスを含むことを特徴とする請求項1の通信網。

【請求項5】 前記の全光学同報通信通信網が分割器／結合器を含むことを特徴とする請求項1の通信網。

【請求項6】 前記の第一の全光学同報通信ローカルエリア網が複数のダウンポート及び少なくとも一つのアップポートを持つ第一の分割器／結合器、複数のダウンポート及び少なくとも一つのアップポートを持つ第二の分割器／結合器、及び複数のダウンポート及び少なくとも一つのアップポートを持つ第三の分割器／結合器を含み、前記の第三の分割器／結合器の前記の複数のダウンポートが前記の第一及び第二の分割器／結合器の前記のアップポートに結合され、前記の第三の分割器／結合器の前記のアップポートが少なくとも一つの選択された波長信号を受信或は送信するために前記のバイパス手段に結合されることを特徴とする請求項1の通信網。

【請求項7】 前記の第三の分割器／結合器のダウンポートに結合された第四の光端末がさらに含まれることを特徴とする請求項6の通信網。

【請求項8】 複数のダウンアクセスポート及び少なくとも一つのアップアクセスポートを持つ第二の全光学同報通信ローカルエリア網、

光信号を送信／受信するための前記の第二の同報通信ローカルエリア網の前記の複数のダウンアクセスポートの

2

第一のポートに結合された第四の光端末、及び光信号を送信／受信するための前記の第二の同報通信ローカルエリア網の前記の複数のダウンアクセスポートの第二のポートに結合された第五の光端末がさらに含まれ、前記の光端末が波長送信機及び波長受信機、少なくとも一つの波長信号を除く送信機からの全ての波長信号が前記の第二の全光学ローカルエリア網から伝送されることを阻止するために前記の第二の全光学ローカルエリア網の前記のアップアクセスポートに結合された第二のバイパス手段；及び前記の第一と第二のバイパス手段間に波長信号をパスするために結合された波長ルータ手段を含むことを特徴とする請求項6の通信網。

【請求項9】 前記の第二の全光学同報通信ローカルエリア網が複数のダウンポート及び少なくとも一つのアップポートを持つ第四の分割器／結合器

複数のダウンポート及び少なくとも一つのアップポートを持つ第五の分割器／結合器

前記の第一及び第二の結合器の前記のアップポートに結合された複数のダウンポート及び少なくとも一つのアップポートを持つ第六の分割器／結合器、及び前記の第一及び第二の全光学同報通信ローカルエリア網の前記の第三の分割器／結合器と前記の第六の分割器／結合器の前記のアップポートの間に波長信号をパスするために前記の第一及び第二のバイパス手段に結合された波長ルータ手段をさらに含むことを特徴とする請求項8の通信網。

【請求項10】 前記の波長ルータ手段が静的波長ルータ手段であることを特徴とする請求項9の通信網。

【請求項11】 前記の波長ルータ手段が動的波長ルータ手段であることを特徴とする請求項9の通信網。

【請求項12】 複数のダウンアクセスポート及び少なくとも一つのアップポートを持つ第二の全光学同報通信ローカルエリア網、

波長信号を送信／受信するための前記の第二のローカルエリア網の前記の複数のダウンアクセスポートの第一のポートに結合された第四の光端末、波長信号を送信／受信するための前記の第二のローカルエリア網の前記の複数のダウンアクセスポートの第二のポートに結合された第五の光端末、少なくとも一つの波長信号を除いて全ての波長信号が前記の第二の全光学同報通信ローカルエリア網から伝送されるのを阻止するために前記のアップポートに結合されたバイパス手段、

第一及び第二の全光学同報通信ローカルエリア網の前記のバイパス手段間に波長信号経路を提供するために結合された第一の波長ルータ手段、

複数のダウンアクセスポート及び少なくとも一つのアップポートを持つ第三の全光学同報通信ローカルエリア網、

波長信号を送信／受信するための前記の第三のローカルエリア網の前記の複数のダウンアクセスポートの第一の

ポートに結合された第六の光端末、
波長信号を送信／受信するための前記の第三のローカル
エリア網の前記の複数のダウンアクセスポートの第二の
ポートに結合された第七の光端末、
少なくとも一つの波長信号を除いて全ての波長信号が前
記の第三の全光学同報通信ローカルエリア網から伝送さ
れることを阻止するために前記のアップポートに結合さ
れたバイパス手段、
複数のダウンアクセスポート及び少なくとも一つのアップ
ポートを持つ第四の全光学同報通信ローカルエリア

網、
波長信号を送信／受信するために前記の第四のローカル
エリア網の前記の複数のダウンアクセスポートの第一の
ポートに結合された第八の光端末、
波長信号を送信／受信するための前記の第三のローカル
エリア網の前記の複数のダウンアクセスポートの第二の
ポートに結合された第九の光端末、
少なくとも一つの波長信号を除く全ての波長信号が前記
の第四の全光学同報通信ローカルエリア網から伝送され
るのを阻止するために前記のアップポートに結合された

バイパス手段、
前記の第三及び第四の全光学同報通信ローカルエリア網
の前記のバイパス手段間に波長信号経路を提供するため
に結合された第二の波長ルータ手段、及び前記の第一と
第二の波長ルータ手段の間に光経路を提供するために結
合された接続手段がさらに含まれることを特徴とする請
求項 1 の通信網。

【請求項 1 3】 前記の第一の波長ルータが第一の同報
通信星形網に結合され、前記の第二の波長ルータが第二
の同報通信星形網に結合されることを特徴とする請求項
1 2 の通信網。

【請求項 1 4】 前記の接続手段が光ファイバから構成
されることを特徴とする請求項 1 3 の通信網。

【請求項 1 5】 前記の光ファイバに結合された波長変
更器がさらに含まれることを特徴とする請求項 1 4 の通
信網。

【請求項 1 6】 前記の光ファイバに結合された波長ル
ータがさらに含まれることを特徴とする請求項 1 4 の通
信網。

【請求項 1 7】 前記の光ファイバに結合された光学ス
イッチがさらに含まれることを特徴とする請求項 1 4 の
通信網。

【請求項 1 8】 前記の光ファイバに結合された波長ル
ータ及び波長変更器がさらに含まれることを特徴とする
請求項 1 4 の通信網。

【請求項 1 9】 前記の光ファイバに結合された波長ル
ータ及び光学スイッチがさらに含まれることを特徴とす
る請求項 1 4 の通信網。

【請求項 2 0】 前記の光ファイバに結合された波長変
更器及び光学スイッチがさらに含まれることを特徴とす

る請求項 1 4 の通信網。

【請求項 2 1】 前記光ファイバに結合された波長変更
器、波長ルータ及び光スイッチが更に含まれることを特
徴とする請求項 1 4 の通信網。

【請求項 2 2】 前記の波長ルータが静的波長ルータで
あることを特徴とする請求項 1 6、1 8 又は 1 9 の通信
網。

【請求項 2 3】 前記の波長ルータが動的波長ルータで
あることを特徴とする請求項 1 6、1 8 又は 1 9 の通信
網。

【請求項 2 4】 前記の第一、第二、第三及び第四の全
光学同報通信ローカルエリア網の各々が、
各々がアクセスポートに接続されるように適応された複
数のダウンポート及び少なくとも一つのアップポートを
持つ第一の分割器／結合器、
各々がアクセスポートに接続されるように適応された複
数のダウンポート及び少なくとも一つのアップポートを
持つ第二の分割器／結合器、及び複数のダウンポート及
び少なくとも一つのアップポートを持つ第三の分割器／
結合器を含み、前記の第三の分割器／結合器の前記の複
数のダンポートが前記の第一及び第二の分割器／結合器
の前記のアップポートに結合され、前記の第三の分割器
／結合器の前記のアップポートが前記のバイパス手段に
結合されることを特徴とする請求項 1 2 の通信網。

【請求項 2 5】 前記の第一及び第二の波長ルータ手段
がそれぞれ同報通信網に結合されることを特徴とする請
求項 2 4 の通信網。

【請求項 2 6】 前記の波長ルータ手段が静的波長ル
ータから構成されることを特徴とする請求項 2 5 の通信
網。

【請求項 2 7】 前記の波長ルータ手段が動的波長ル
ータから構成されることを特徴とする請求項 2 5 の通信
網。

【請求項 2 8】 前記の接続手段が光ファイバから構成
されることを特徴とする請求項 2 5 の通信網。

【請求項 2 9】 前記の接続手段が前記の光ファイバに
結合された動的波長変更器及び／或は波長ルータ及び／
或は光学スイッチから構成されることを特徴とする請求
項 2 5 の通信網。

【発明の詳細な説明】
【0001】

【産業上の利用分野】本発明は光ファイバ伝送網 (opti
cal fiber transmission network)、より詳細には、多
重レベル全光学網アーキテクチャ (multilevel all-o
ptical network architecture) に関する。

【0002】

【従来の技術】今日の商用光波伝送網 (lightwave tran
smission network) は送信端末から受信端末に長距離を
通じて多量の多重化された情報を運ぶために光ファイバ
を使用する。殆どの長距離伝送ライン (long-haul tran

mission line) 及び短距離伝送ライン (short-haul transmission line) の殆どの部分、例えば、局間 (inter-office) 及び局内 (intra-office) リンク、ローカルエリア網 (LAN)、メトロポリタンエリア網 (metropolitan area network、MAN)、及び広域エリア網 (wide area network、WAN) は、光学網であり、従って、情報は光ファイバ上を運ばれる。光学形式にて情報を伝送することの主要な長所は、単一モード光ファイバと関連する非常に大きなバンド幅と低損失である。

【0003】実際の運転においては、光ファイバの送信端の所で、情報を表わす電子信号が光ファイバに沿っての伝送のために光信号に変換され、受信端の所で、さらに処理するために電子信号に戻される。さらに、今日の通信網においては、光信号が様々なチャネルを電子スイッチを使用してそれらの宛先に交換するため、及び/或は非常に長いリンク内での電子的再生を遂行するために電子信号に変換され、再び、光形式に変換される。この通信網内における光信号から電子信号への変換はユーザを事前に指定された信号法フォーマットに制限する。これはまた絶え間なく行なわれるこれら通信網の更新及び改良作業のコストを高めまた複雑にする。

【0004】光信号が通信網を横断して通信網内で電子信号に変換されることなく流れるような全光学通信網を使用した場合は、光ファイバによって提供される数十テラヘルツ (tens of terahertz) の帯域幅がよりフレキシブルにまたより経済的にアクセスできることが理解できる。光ファイバの非常に広い帯域幅に光学的にアクセスできる能力の利点及び長所は、設計図 (blueprint)、文字 (words)、音楽、医学及び科学的イメージ、映像、Eメールなどのようなデータ或は情報のある位置から別の位置に運ぶための高容量高速度の通信網を確立することを可能にする。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】これら達成可能な利点を実現するために全光学伝送網が満たさなければならない幾つかの基本要件は以下の通りである。第一に、この通信網は、これが莫大な多様性を持つアプリケーション、サービス、インターフェース、プロトコル及び信号フォーマットを収容できるという意味において万能 (universal) でなければならない。第二に、これは、ユーザの数、サポートされるデータ速度、及び通信網の地理上の広がり観点からスケラブル (scalable) でなければならない。第三に、通信網ノードのコスト及び複雑さを制限するために、この光通信網は、この通信網のコア内においてこれらの光信号の流れが電子技術によって流れが制御されたとしても光学から電子への変換によって妨害されないように高速ユーザに対して“透明 (transparent)”でなければならない。上に述べた要件を満たす全光学伝送システムの全国或は全世界レベルの網が現在必要とされている。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明は、スケラブルで万能な広帯域光通信網に関する。ここに開示される通信網は、全光学通信網であり、これは光信号がこの通信網を横断してユーザ間で網内において電子信号に変換されることなく流れることができることを意味する。従って、この通信網は、非常に広い帯域幅を持ち、この通信網によって運ばれるデータは光学信号から電子信号への変換による妨害を受けることがない。この通信網は、25 THz (200 nm) のファイバ帯域幅にアクセスするための周波数分割多重を可能にし、A) ポイント・トゥ・ポイント或はポイント・トゥ・マルチポイント高速回路交換マルチGbps デジタル或はアナログセッション; B) 数Mbps からマルチGbps の全チャネル速度までのレンジ内での時間分割回路交換セッション; 及びC) データグラムサービスにも使用が可能な制御、スケジューリング及び網管理のために内部的に使用されるサービスから成る三つの基本サービスをサポートすることができる。これらサービスは、各々が全光学データ経路 (all-optical data path) を持つが、但し、セットアップ及び制御のために幾らかの電子技法を使用することができる。

【0007】開示される通信網は、地理的な広がり、ユーザの数及びデータ速度の次元においてスケラブルである。これは、ローカルエリア網 (local area network、LAN)、メトロポリタンエリア網 (metropolitan area network、MAN) 及び広域網 (wide area network、WAN) を含む。この通信網が数百万の全光学終端ノードの規模にできるために、この通信網は、全国的或は全世界的な高速通信インフラストラクチャに対する枠組を提供する。開示される通信網は、波長分割多重 (wavelength division multiplexing、WDM) を使用する3レベル階層を採用する。この階層の最も低いレベルの所には、高性能ローカルエリア網の集合であると思なすことができるレベル0通信網が存在する。各レベル0通信網は、同報通信星形結合器 (broadcasting star coupler)、分割器 (splitter)、結合器 (combine r)、バスなどのようなデバイスの使用を通じて波長を内部的に共有し、異なるレベル0通信網間で広範囲に及び波長の再使用が存在する。中間のレベルは、レベル1通信網を含むが、これは、セットのレベル0通信網を互いに接続するメトロポリタンエリア網であると思なすことができ、波長ルータ (wavelength router) などのようなデバイスを通じて周波数の再使用を提供する。レベル2通信網である最高のレベルは、波長変更器 (wavelength changer)、波長ルータ、及び/或は光学スイッチによってレベル1通信網に接続する全国的或は全世界的な広がりを持つ背骨であると思なすことができる。信号損失に対処するために網を通じて光増幅器が使用される。本発明のより完全な理解は、本発明の特定の説明の

ための実現の以下の説明を付属の図面を参照しながら読むことによって得られるものである。

【0008】

【実施例】様々な全てのタイプの情報、例えば、製造用青写真、文字、数式、音楽、医学及び科学的な像、青写真、映像等がある場所から別の場所に運ぶための高容量で、高速の通信網のための全国的さらには全世界的なシステムに対する需要が存在する。これを試みる現在の通信網はインタネット (Internet) である。これは、世界で最大のデータ網であり、100以上の国においてアクセス可能である。このインタネット上に運ばれる情報は、データ交換 (Data Exchange)、電子メール (Electronic Mail)、デジタルライブラリ (Digital Libraries)、データベース出版 (Database Publishing)、気象情報 (Weather Information)、電子コミュニティ (Electronic Communities) 等において運ばれる情報を構成する。より具体的には、電子メール或はEメール (Electronic Mail 或はE-mail) においては、ユーザ間で電子メッセージが交換される。AT&T、MCI、CompuServe、America Online及びProdigyは全てインタネットへの電子メール接続を提供する。デジタルライブラリ (Digital Libraries) は、低コストにて殆ど全ての人がアクセスできるようにアセンブリされた大きなライブラリである。データベース出版 (Database Publishing) は、現在インタネットを通じて入手が可能である大きな商業的なデータベース、例えば、Dialog (ダイアログ) 及びMead Data Central (メッドデータセントラル) 等のことを指す。気象情報 (Weather Information) は、合衆国の任意の都市に対する現在の天気予報のことを指す。これに加えて、イリノイ大学 (University of Illinois) にあるコンピュータから時間毎に更新される気象衛星デジタル写真をコピーすることも可能である。電子コミュニティ (Electronic Communities) は世界を通じて共通の興味を持つ人々を引き付けるコンピュータを通じての会議を指す。

【0009】1千万 (10 million) 以上の人が全世界的な通信網であるインタネットを通じて接続されており、また、ある推定ではインタネットへの接続の数は毎年倍増することが示唆されている。ただし、インタネットは、データをあまりにも低速度にて伝送し、また、全てのコミュニティに対して利用できるわけではない。明らかに、必要とされているのは、今日の電話網の場合のようにより多くの家庭及び企業に到達するより高速なデータ伝送網である。一つの問題は、合衆国の銅線の電話線がより高い容量の光ファイバと交換されなければならないことである。このことは長距離回線においては既に行なわれているが、ただし、企業及び家庭を最寄りの交換センタに接続するローカル電話回線については行なわれていない。もう一つの問題は、合衆国の長距離及びローカル電話交換機は電子式であり、従って、伝送される

べき巨大な容量のデータを扱うことができないことである。光増幅器及び他の全光学式要素に基づき、電子式再生器を使用しない全光学通信網が現在世界的なレベルでの注目を浴びている。このような通信網は、全国的或は全世界的な広がりを持つ構成可能な光経路を介して様々なユーザを相互接続することを約束し、今日の通信網から得られるサービスをはるかに超える様々なタイプの柔軟性のある広帯域サービスを提供する。

【0010】本発明においては、光ファイバ伝送システムの通信網アーキテクチャは、周波数分割多重信号を受信及び送信するように設計される。光信号は、通信網を横断して通信網内で電子信号に変換されることなくユーザ間を流れることができる。従って、この通信網内に伝送される信号は光から電子への変換によって妨げられることはない。これは、光増幅器、星形結合器、周波数ルータ、周波数変置器、光交換機等をこの通信網内に導入することによって可能にされる。ここに開示される全光学通信網 (all-optical network) の基本アーキテクチャは、A) ポイント・トゥ・ポイント或はポイント・トゥ・マルチポイント高速回路交換マルチGbpsデジタル或はアナログ通信；B) 数MbpsからマルチGbpsの全チャネル速度に至るレンジの時間分割多重回路交換通信サービス；及びC) データグラムサービスに対しても使用することができる制御、スケジューリング及び網管理のために使用されるサービスの様な基本サービスをサポートするために使用されるべき25THz (200nm) のファイバ帯域にアクセスできるように周波数分割多重技術を使用することを可能にする。これらサービスの各々は全光学経路 (all-optical path) を持つが、但し、典型的には、セットアップ及び制御のために電子技術を使用する。

【0011】この全光学通信網はローカルエリア網 (LAN)、メトロポリタンエリア網 (MAN) 及び広域エリア網 (WAN) を含む。これは、ローカルエリアから最大数十万の全光学終端ノード (all-optical end nodes) まで拡張することができ、従って、全国的或は全世界的な高速通信網基盤に対する骨組みを提供する。光ファイバから利用できる数十テラヘルツの帯域にアクセスできることの利点は明白である。但し、これら利点が実現されるためには、この通信網は以下の三つの基本的要件を満たす必要がある。第一に、この通信網は、これが非常に多様なアプリケーション、サービス、インターフェース、プロトコル及び信号フォーマットを収容できるという意味において万能でなければならない。第二に、この通信網は、ユーザの数、サポートされるデータ速度、及び通信網の地理的な広がり観点からスケラブルでなければならない。第三に、この広帯域光通信網は、この通信網のコア内の彼等の光信号の流れが、この流れが電子技術によって制御される場合であっても光信号から電子信号への変換によって妨害されないように高

速ユーザに対して透明でなければならない。

【0012】ここに開示される光通信網は、これらに限定されるものではないが、1) 音声、データ、イメージ及びビデオ；2) 広帯域イメージセンサデータ及び科学的データの転送及び弁別；及び3) スーパーコンピュータ間の接続、データベース/ライブラリ及び集中データ処理設備への高速アクセスを伴う高性能計算を含む様々な汎用アプリケーションをサポートする。イメージ及びセンサデータ転送要件は現在Gbpsレンジであり、将来においては、ユーザ当たり10Gbps或はそれ以上の速度に向かっている。加えて、複雑な現象のシミュレーション及び分析を遂行する多重スーパーコンピュータはGbps速度にて通信することを必要とする。

【0013】将来を正確に予測することは困難であるが、全光学伝送システムが将来の通信網ユーザが使用することを望むアプリケーションに対応できる能力を持つことが重要である。この目的のために、多くのアプリケーションが生成されることはまちがいないが、使用される可能性のあるこれら様々なアプリケーションの幾つかが3つの範疇に分類される。第一の範疇は従来のデジタルサービスを使用するアプリケーションを含む。予測されるデータ速度はKbpsからGbpsの範囲であり、従って、この第一の範疇を速度によって4つのサブグループに細分すると便利である。この範疇の第一のサブグループは、ATM或は他の高速パケット交換相互接続；無圧縮HDTV；及び視覚化、シミュレーション及びスーパーコンピュータ相互接続などのようなGbpsデータを要求するアプリケーションを包含する。次のサブグループは、ローカルエリア網(LAN) (例えば、FDDI) 相互接続、圧縮HDTV、並びにデジタル化された従来のビデオ及びワークステーションの相互接続などのような100Mbpsクラスのアプリケーションを含む。第三のサブグループは、マルチチャネルデジタル音響及びイサernetクラスのコンピュータ網などのような10Mbpsクラスのアプリケーションから構成される。最後のサブグループは、従来及び高速の電話サービス及びコンピュータ/周辺装置の相互接続などのような1Mbps或はそれ以下を要求するアプリケーションを含む。

【0014】第二の範疇はアナログサービスを含む。この要件は多くのチャネルを単一ユニットとして扱うことが有利なときの多重チャネル同報通信テレビチャネル(multi-channel broadcast television channel)の分配において発生する。このようなユニットがデジタル化されるべき速度はかなり速く、アナログ形式に保持するほうが単純で安価である。第三の範疇は光学インターフェースを要求するユーザアプリケーションをサポートする。これは、非常に高速、予期されない信号フォーマット或は全光学通信網のユニークな特性を使用する要求の結果として起こる。将来のビデオワークステーション、

多量データベースサーバ及び多重化デジタルHDTVソースはこの範疇の潜在的なメンバーである。最後に、多くの将来のアプリケーションはマルチメディア及びマルチセッションサービスを必要とすることが考えられる。ここに開示される光通信網アーキテクチャはこれらの需要にも注目する。単一モード光ファイバの低損失波長ウィンドウは約25THz(200nm)のバンド幅をカバーする。ここに開示される光通信網は全世界的な広帯域情報搬送インフラストラクチャを形成するためにこの莫大なバンド幅を使用することができる。

【0015】ここに開示される光通信網は波長或は周波数分割多重(WDM或はFDM)を使用する3レベル階層であり、空間を通じての周波数の再使用及び時間分割技法の使用を通じてスケラビリティ(scalability)を提供する。このアーキテクチャはスケラビリティを持たない単純な同報通信全光通信網とは異なる。本階層の低レベルにはレベル0全光通信網(AON)が存在する。これら全光通信網は高性能ローカルエリア網の集合と見なすことができる。各々のレベル0通信網は内部において波長を共有し、異なるレベル0通信網間において、広範囲に及ぶ波長の再使用が存在する。中間レベルであるレベル1通信網は、セットのレベル0通信網を接続し、波長ルータなどのデバイスを通じて周波数再使用を提供するメトロポリタンエリア網であると見なすことができる。高レベルであるレベル2通信網は波長変換器(wavelength changer)、波長ルータ及び/或は交換機を使用してレベル1通信網を接続する全国的或は全世界的な通信網と見なすことができる。

【0016】本発明の説明においては、用語“波長経路(wavelength path)”はこの全光通信網の全部或は一部分を横断するある波長の光信号によって取られる内部網経路であるものとして定義される。光信号を電子形式に変換しない或はその光学周波数を変更しない全ての受動或は能動デバイスがある波長経路内に許される。従って、本発明においては、定義からある波長経路は、光増幅器、フィルタ、星形通信網、ルータその他を含むことができる。用語“光経路(light path)”は光信号がこの通信網内を発信元から恐らくは光学周波数シフトを含む単一宛先に向かって横断する経路であると定義される。従って、ある光経路は、単純な波長経路である場合も、或は周波数シフトによって相互接続された複数の波長経路から構成されることもある。用語“光トリー(light tree)”は、例えば、光信号を発信元から複数の宛先に運ぶために使用されるトリーのような自由に接続されたセットのブランチのループとして定義される。より一般的には、光トリーは複数の発信元からの光信号を時間共有し、この複合信号を複数の宛先に運ぶためにマルチアクセスモードにおいて使用される。ある光トリーは周波数シフトを含むが、この場合ある光経路はその中に単一の発信元と単一の宛先が存在する光トリーの特別な

ケースと見なすことができる。

【0017】ユーザインターフェース（以降、全光学通信網のアクセスポート（AP）として識別される）の所に提供される伝送サービスの基本タイプは、次の3つのサービスタイプ：つまり、物理回路サービスであるタイプA；スケジュールされた時分割多重（TDM）サービスであるタイプB；及びスケジュールされてないデータグラムサービスであるタイプCに分類される。より詳細には、タイプAサービスは情報を伝送するための接続の期間中にポイント・トゥ・ポイント或はポイント・トゥ・マルチポイントからの一つ或は複数の専用光経路を使用する物理回路交換サービスである。タイプAデータ及び変調フォーマットは、通常、制約を持たない。ただし、ソースパワーレベル及び帯域幅仕様がAPの所で超えられてはならない。接続確立時において、この変調及びデータフォーマットがデータが正確に回復されることを保証するために宛先の所に提供される。

【0018】タイプAサービスに対する接続は、通常、発信ノードによるAPを通じての要求の結果として得られる。但し、他のメカニズム、例えば、第三者の要求或は網管理を介して指定される永久接続による方法も許される。このサービスと関連して数個のサブタイプの接続が存在する。これらは以下の通りである。A）二重接続（Duplex connection）－この双方向ポイント・トゥ・ポイント接続は、最も一般的に要求されるタイプAのサービスであると思われる。このタイプの接続は全光学通信網内の二つの専用の光経路を利用する。このタイプの接続は、例えば、非常に高速のコンピュータ・コンピュータ保証帯域幅チャネル（very high speed computer-computer guaranteed-bandwidth channel）或は従来の電子パケット或はATMセル交換システムによる使用のためのような専用のチャネルとしての複数の用途を持つ。B）マルチキャスト接続（Multicast connection）－この接続においては、要求ノードは単方向伝送の目的のために宛先への単一の光トリーを利用する。このタイプの接続と関連して、それぞれ、非常に高速の遠隔測定（very high speed telemetry）或は無圧縮HDTVに対して使用される一つ或は複数の受信機が存在する。このサービスタイプが要求された場合、要求者は、また、それが発信者として扱われるべきか或は宛先として扱われるべきかも指定する。C）共有接続（Shared connection）－このタイプのサービスにおいては、個々の参加ノードは単一の専用光トリー上の個々の伝送を送信及び受信する。個々の接続アルゴリズムはこの接続を共有するユーザによってそれらのアプリケーションに合うように同意することができる。

【0019】Aタイプサービスは、広いチューニングレンジ、狭いライン幅、並びに良好な周波数安定性、反復性、及び感度を持つチューナブルレーザ；及び静的及び動的波長ルータ（wavelength routers）などのように周

波数の再使用を可能にするデバイスにて実現することができる。タイプBサービスは、接続の期間を通じて情報を伝送するように時間スロット化された光経路或は光トリーを使用する“スケジュールされたTDM”サービスである。一般的に、あるスケジュールされた時間スロット（scheduled time-slot）内のデータ及び変調フォーマットは、これらは接続のセットアップ時において受信機が信号を正確に回復することを確保するために指定されることはあるが制約はない。タイプBサービスにおいては、タイプAサービスと同様に、二重、マルチキャスト、及び共有サブタイプが利用できる。ここに開示されるアーキテクチャは、アクセスポートの所における複数の同時網接続に十分に適応する。例えば、個々のアクセスポートは、各々が一つ或は複数の受信機を持つ一つ或は複数の光端末（OT）に接続することができる。これは、受信機をこの接続の期間を通じてある網接続のために専用を使用することを可能にする。タイプBサービスに対するもう一つの重要な理由はより効率的に光経路を共有することである。各タイプBサービス接続が専用の光経路を必要とする場合、この全光学通信網は、この貴重な資源をすぐに使い果たしてしまうことになる。

【0020】幾つかのOTはそれらが提供できる総計データスループット（aggregate data throughput）のため、或はブロッキング確率の低減のために複数の受信機及び送信機を必要とするが、多くのOTは一つの常に利用可能な制御チャネルを除いて1セットの光トランシーバのみを必要とする。これら同一のOTは、但し、多くの同時接続を持つ必要性があると考えられる。従って、共有が必要となる。ここに開示される通信アーキテクチャにおいては、個々のOTがそれらの仲間ではない他の接続と干渉することなく複数の同時接続を持つことを許すスケジュールに従って時間及び波長を通じて多重化される。スロットの継続期間は、レーザチューニング時間、AGC安定化時間、クロック回復安定化、語及びフレーム同期などの期間と比較して大きく10 μ sのオーダーであるべきである。同様に、フレーム遅延は、耐えられるエンド・トゥ・エンド遅延と比較して小さくなければならない。これらの制約内では、フレーム当たり100スロットのオーダーが適当であると考えられる。タイプBのサービスについては、送信機と受信機との間の共通タイムスロットの欠如に起因する呼ブロッキング（call blocking）の問題が発生する。但し、フレーム当たりのスロットの数が適当である場合（例えば、約100の場合）、ブロッキングの問題はあまり多くの困難を与えないと考えられる。これが問題となる場合は、複雑さを増すという犠牲の下にこの状況をさらに改善するためにタイムスロットを再調節することもできる。タイプBのサービスは、高速チューニングレーザ、高速チューニングコヒーレント或は直接検出受信機並びに高速AGCクロック回復、ビット及び語同期技術を使用して実現する

ことができる。

【0021】タイプCのサービスは、OTが“良く知られた (well known)” 波長上を指定されたデータ及び変調フォーマットにて“情報のパケット”を送信する“スケジュールデータグラム (unscheduled datagram)” サービスである。媒体アクセス制御 (media-access-control、MAC) プロトコルは分散アルゴリズム (例えば、ALOHA) を基本とし、Cサービスは通信網を自動構成するために使用されるために中央資源或は中央タイミグを必要としない。網管理計画 (network management scheduling) 及び制御メッセージもタイプCサービスを使用する。“遠隔” OTに対するデータグラムは補助電子サーバにて転送される。上に説明されたサービスに加えて、この全光通信網の“最上部 (on top)” に提供される他のタイプのサービスが存在する。これらサービスは、この全光通信網の上のレベルにおいて電子手段によって提供される。このため、これらサービスは単に上に説明の網サービス上に構築することができる。これらサービスの一例として、タイプA或はタイプBチャネルを使用する電子ノードにて構成される高速パケット交換或はATMセル交換サービスを挙げることができる。

【0022】図1には、3レベル全光通信網 (all-optical network、AON) が示される。光端末 (Optical Terminal、OT) 20-28はアクセスポート (Access Port、AP) インターフェースを介してこの通信網に接続されたユーザデバイスである。光端末は、通常、この通信網のレベル0網36、37、38、39に接続され、この全光通信網サービスのユーザである。これらOT (光端末) はアクセスポートインターフェース42-50を通じてこの全光通信網に接続されたユーザデバイスである。これら光端末20-28は、通常、先導し、全光通信網からデータを受信する電子光 (electro-optic) デバイスである。これら光端末は、アクセスポート42-50を通じて交信するとき、この全通信網アーキテクチャによって指定されるプロトコルに準拠する。全ての光端末20-28が上に説明された全ての伝送サービスをサポートする訳ではない。ただし、全ての光端末は、網管理及び制御メッセージに対するタイプCサービスをサポートしなければならない。特定の光端末はまたタイプA及び/或はタイプBサービスもサポートする。

【0023】アクセスポート (Access Port、AP) は、本質的に、全光通信網に対するインターフェースであり、ペアの単一モードファイバを使用する。つまり、片方が入力用として使用され、他方が出力用として使用される。単一のファイバをトラヒックの両方向を運ぶために二重モードにて使用することもできることに注意する。但し、二つのファイバの使用の方が、少なくとも概念的には、単純なように見える。従って、アクセスポ

トは、波長、レーザ幅、チャープ (chirp)、周波数安定性、最大パワー、最大バンド幅の動的レンジなどに対して定義されたパラメータを持つ光インターフェースである。この通信網内の各光端末と関連して一つ或はそれ以上の名前及び関連する通信網層アドレス、例えば、インターネットアドレスが存在する。各光端末に対する名前はインターネット領域名 (internet domain name) とされ、名前とアドレスとの間のマッピングは、例えば、領域ネームサービス (Domain Name Service) のようなメカニズムによって遂行することができる。加えて、各光端末は、その光端末上の各アクセスポートに対して一つの全光網アドレスを持つ。幾つかの光端末は複数のアクセスポートを持ち、従って、複数の網アドレスを持つ。各アクセスポートと関連する網アドレスは階層アドレスであり、このアドレスの一部分は地理上の意味 (topological significance) を持つ。加えて、この階層アドレスの一つのセグメントは、例えば、分散選挙プロトコル (distributed election protocol) における結び解体 (tie-breaking) の目的に対するIEEE802.4 8ビットの一意識別のように全世界的に一意である。網層アドレスと全光網アドレスとの間のマッピングはアドレス解決プロトコル (Address Resolution Protocol) 或はOSI-ES-IS プロトコルに類似する従来のメカニズムによって遂行される。

【0024】レベル0網36-39はこの全光通信網アーキテクチャ内の最低レベルの網であり、各々がバイパス手段を持つ“ローカル”同報通信網から構成され、このバイパス手段は、少なくとも一つの波長信号を除いて全てがこのローカル同報通信網から離れた位置に伝送されることを阻止する。図2には、“ローカル”レベル0網のブロック図が示される。通常、光端末20、21、22は、ローカルレベル0網に接続される。より詳細には、ローカルエリア網は、同報通信星形結合器 (broadcasting star) 或はバスであり、個々のアクセスポート40、43、44は、同一のレベル0網内の他の光端末によってレベル0網に対するローカル波長上に伝送された全てを“聞く (hear)” ことができる。これらローカル波長は、この全光通信網の同一のレベル0網内でローカルトラヒックに対して使用される波長であり、周波数選択ローカルバイパス52、53によってこのレベル0網から去ることを阻止される。これら波長は、この全光通信網のレベル2網内、及び他の全てのレベル0網内で再使用される。図2により詳細に示される図1のレベル0網、例えば、レベル0網36の一つの好ましい実施例は、スパンニングトリー (spanning-tree) 物理トポロジを持ち、根分割器/結合器60に接続された分割器/結合器56、58として示される構築ブロックを使用する。各分割器/結合器 (splitter/combiner、S/C) はアップ (Up、U) ポート及びダウン (Down、D) ポートをサポートする。根S/C60のUポートは全光

15

通信網の次に高いレベルであるレベル1網62、64 (図1を参照)に接続される。S/C56、58の“D”ポートは、S/C56、58のUポートに接続され、ポート51にアクセスできるように直接に接続される。根S/C60のUポートは光増幅器66、68及び周波数選択結合器52、53を介してレベル1網62、64に接続される。この構成においては、単一のレベル0通信網がおおむね1000の局をサポートする。根S/C60結合器60のUポートの所で使用される周波数選択性ローカルバイパス52、53は根S/Cからのローカル波長をレベル0通信網56、58に戻るように結合し、これに加えて、これらが次に高いレベル1通信網に入ることを阻止する。根S/C60の“U”ポートは全光通信網の次に高い層であるレベル1通信網80に接続するために使用される。

【0025】図3には、1×N分割器80及びN×1分割器84から構築される分割器/結合器56が示される。各S/Cは二つのタイプのポートを持ち、単一Uポート86は、スパンニングトリー (spanning tree) の根の方向への接続を作るために使用され、多重Dポート88...90は光端末並びに根からさらに離れた他のS/Cデバイスに対するアクセスポートを提供する。波長選択性ローカルバイパス (図2の52、53) はレベル1通信網内のループから発生する可能性を持つ多重経路を排除するためにその帯域内の事実上全てのエネルギーを後方に方向転換する。この位置に周波数選択性バイパスを置くことは、三つの長所を与える。第一に、これは、同一のローカルレベル0通信網の二つの光端末が交信しているとき、光経路の物理長 (及び従って) 遅延を制限する。第二に、これがレベル0からレベル1への経路が失敗した時でさえもレベル0内通信 (intra Level-0 communication) を可能にするためにOTへの全光通信網の利用の可能性を向上させる。最後に、レベル1通信網に入ることを阻止された周波数がこの全光通信網内のどこかで再使用されることを可能にする。星のトリー (tree-of-stars) トポロジがこの動作性及び敷設上の長所のために選択される。但し、このレベル0通信網は、幾つかの自然な競合解決上の長所を持つバスアーキテクチャを使用して構築することもできる。

【0026】レベル0においては、タイプA、B及びCサービスを提供するために使用される光学波長は“L0”波長及び“L1”波長と呼ばれる二つのグループに分割される。L0波長は同一のローカルレベル0通信網内のローカルトラヒックに対して使用され、周波数選択性ローカルバイパスによってこのローカルレベル0通信網から出ることを阻止される。これら波長は、全光通信網内のレベル2通信網内及び全ての他のローカルレベル0通信網内で再使用される。L1波長はこの全光通信網の同一のレベル1通信網に接続されたローカルレベル0通信網間で通信するために使用される。このグループ内

16

の幾つかの波長はレベル1間通信 (interLevel-1 communication) に対しても使用される。

【0027】各ローカルレベル0通信網36...39は異なるアクセスポート42...50間に波長及びタイムスロット資源を割り当てるための要求を扱うソフトウェアプログラムと共に動作するコンピュータを制御するスケジューラエージェント (scheduler agent) を持つ。このスケジューリングエージェントはローカルレベル0通信網に接続された専用ノード内に実現することも、或はローカルレベル0通信網に接続された光端末の一つ内に実現することもできる。各ローカルレベル0通信網は、会社、法人、大学などのような単一の主体によって管理される。このために、同報通信媒体と関連する幾つかのプライバシーの問題が軽減される。さらに、レベル0スケジューリングエージェントは管理保安政策を強化する。レベル0内或はレベル0間通信から発生するプライバシーの問題は、OTによって或は情報のソースの所で遂行される暗号化によって解決することができる。

【0028】レベル1通信網62、64はL1波長をあるレベル0通信網から別の通信網にルートする第一或は中間レベルの波長ルーティング網である。複数の波長がグループにて或は個別にルートされる。図4にはレベル1通信網が示される。本質的に、レベル1通信網は一つ或は複数の同報通信星形結合器101を持つ静的或は動的波長ルータ100である。レベル1通信網の目的は一つ或は複数の直接に接続されたローカルレベル0通信網に波長経路或は光トリーを提供すること、或はレベル2通信網との組合わせにて、それ自体の外側の一つ或は複数のローカルレベル0通信網に光経路或は光トリーを提供することにある。静的波長ルータ100は多くの波長を持つ受信された信号の波長を分離する。図5には、静的波長ルータの動作の線図が示される。N×N静的波長ルータの場合、各入力ポート110から個々の出力ポート112への完全な接続性が提供される。入力ポートから受信された場合、出力ポートの選択は使用される波長の選択によって行なわれる。明らかに、各ファイバ上に複数の波長が使用されるために、各入力ファイバからの複数の同時波長経路が存在する。このデバイスの波長ルーティング特性は二つの面において周期的である。第一に、各出力選択に対する周波数間の間隔は等しく、第二に、このデバイス内に複数の自由スペクトルレンジが存在し、光ルーティング特性も反復する。そして、これは、同報通信星形結合器において遭遇されるパワー分割損失なしに達成される。図5において、nは入力及び出力ポートの数に等しい自由スペクトルレンジ当りの周波数の数に等しく；Sはアクセスされる自由スペクトルレンジの数に等しい。

【0029】ルータがn個の入力及びn個の出力ポートを持ち、利用できる光学周波数或は波長が $r = S \times n$ の場合、S個の自由スペクトルレンジが使用され、ここ

17

で、各々のレンジは n 個の周波数を持つ。従って、ルー
タを通じての同時波長経路の数 w は、 $w = n \times r = s \times$
 n^2 である。明かなように、 $n = 25$ 及び $r = 100$
の場合は、 w は2500であり；入力及び出力ポート n
 $= 100$ であり、波長 $r = 500$ の場合は、同時波長経
路 w の数は50,000に等しい。静的波長ルータはト
ラヒックマトリックス (traffic matrix) が均一のとき
に最良の性能を示す。ただし、トラヒックマトリックス
が均一でない場合は、図6に示されるような動的に再構
成可能なデバイスが使用される。図6のデバイスは静
的波長ルータの一般化されたものであり、各自由スペ
クトルレンジから一つ以上の波長が $N \times N$ 空間スイッチを
通じて同一の出力にルートされることを許す。図6に示
されるように、動的波長ルータは、例えば、LiNbO₃
又はIP交換要素から製造される複数のLiNbO₃
空間光スイッチを使用する。この動的波長ルータはレベ
ル1通信網とレベル2通信網との間のインターフェース
の所或はレベル2通信網内の光学周波数変更器 (opti
cal frequency changer) の必要性を排除する。但し、
周波数変更器の存在はシステムの柔軟性を増すことに注
意する。

【0030】図4に示される光バイパス星形結合器 (op
tical bypass star) 101は二つの理由から存在す
る。第一に、これは単一の光トリがタイプBサービス
に対して一つ以上の複数のローカルレベル0通信網によ
って共有できるようにすることによって網資源の利用を
大きく向上させることを可能にする。第二に、レベル1
におけるマルチキャストサービスを提供する目的での複数
の光トリブランチ (multiple light tree branches)
を可能にする。

【0031】各ローカルレベル0通信網と同様に、スケ
ジューラエージェントも各レベル1通信網と関連する。
レベル1スケジューラエージェントはそれらのレベル0
スケジューラエージェントと協力して波長経路があるレ
ベル0通信網から同一のレベル1通信網からのもう一つ
の通信網への接続、或はレベル0通信網からレベル2通
信網の境界への接続を要求するユーザに割り当てる。レ
ベル1スケジューラエージェントは接続されたレベル0
通信網のスケジューラエージェントと図4のバスパスス
ター101を通じてのタイプCサービスを使用して直接
に通信し、また仲間のレベル1スケジューラエージェント
とレベル2通信網を通じて直接に通信する。通常、レ
ベル1通信網は、レベル2通信網からのサービスをロー
カル的に接続されたレベル0通信網からの情報を異なる
レベル1通信網に接続されたレベル0通信網に送信する
場合に必要とする。図7に示されるように、レベル2通
信網は、単一のファイバトランク；静的或は動的波長ル
ータ及び/或は光学スイッチであり得るルーティング網
120...124；及び動的周波数変更デバイス12
6...131から構成される。これらルーティング及

18

び周波数変更デバイスは、一般的には、電子制御の下
で、入力光信号のルート或は周波数を変更する動的に制
御可能なデバイスであるが、簡素化のために、これらデ
バイスの再構成は、タイプBサービスのスロット時間と
比較して長いタイムスケールにて行なわれるものと想定
される。レベル2通信網内の周波数を任意に変更できる
という能力は、ある光経路を探す場合、レベル1スケ
ジューラが全ての波長割り当ての世界的レベルの知識を持
たなければならない必要性から解放する。これは、スケ
ジューラ計算に課せられる制約を小さくするばかりでな
く、通信網により良好なスケリング特性 (scaling pr
operties) を与える。

【0032】レベル2通信網は、様々な都市を接続する
ために使用される長距離光ファイバを含む。これら長距
離ファイバは非常に貴重な資源であり、通信網が生命を
維持するためには効率的に使用されなければならない。
これを達成するために、一つ或は複数のスケジューラエ
ージェントがレベル2通信網と関連して存在する。ある
レベル2通信網のスケジューラエージェントは、レベル
1通信網のスケジューラエージェント及びレベル2通信
網の他のスケジューラエージェントと協力してあるレベ
ル1通信網の境界から別のレベル1通信網の境界への光
経路を割り当てる。図7に示されるように、全てのレベ
ル1通信網間には完全な直接接続は存在しないことに注
意する。完全な論理的接続は、必要とされるとき、他の
ルーティング網を使用して間接的な光経路を確立するこ
とによって提供される。幾つかのケースにおいては、幾
つかのレベル1通信網をファイバ/増幅器経路を介して
他のレベル1通信網に直接に接続することが要求され
る。これらのケースにおいては、これらのファイバ経路
はレベル2スケジューラによって管理され、従って、レ
ベル2通信網の一部分であると見なされる。

【0033】各レベル0通信網内には、各々が一つのス
ケジューラエージェントとしての能力を持つ一つ或は複
数の光端末 (optical terminal, OT) が存在する。一
つ以上のOT端末がスケジューラエージェントとして動
作する能力を持つ場合は、これらは、能動的スケジュー
リングエージェントであるべきものとして一つのみのエ
ージェントを選択するための分散アルゴリズム (distrib
uted algorithm) を実行する。あるスケジューラが失
敗した場合は、この分散選択アルゴリズムが再度実行さ
れる。いったん選択されると、そのスケジューラは複数
の主要な機能に対する責務を負う。これら機能には、
1) そのレベル0通信網内のアクセスポート (AP) か
らのタイプA、B及びC接続に対する要求に対して、本
物であることを証明し、認可し、処理するためのエー
ジェントとして動作すること；2) タイプB接続を確立す
るために必要とされるタイミング情報を分配及び収集す
る動作；及び3) それに対して責務を負う全ての波長に
対する正確なスケジューラを維持する動作が含まれる。

この動作には、接続が確立或は切断された場合、及びA/Pが失敗して資源が回復された場合にスケジュールを更新する動作が含まれる。これら主要な機能にはさらに、
4) そのレベル1スケジューラエージェントとの更新;
5) チューナブル波長選択性結合器の制御; 6) 接続要求に対して、本物であるかを調べ認可する手続きを遂行するといったような管理政策の強化; 7) 会計情報の収集、及び8) アドレスマッピングサービスに対して名前を与えるといったようなその他の考えられる補助的な機能の遂行が含まれる。

【0034】一つのスケジュールが各波長に対して維持される。このスケジュールは、本質的には、その波長を制御及び割り当てるために要求される全ての状態情報を維持するために使用されるデータ構造である。このデータ構造の内容は、その波長が割り当てられるサービスのタイプに依存する。例えば、タイプAサービスに対しては、発信及び宛先アドレス、及び割り当てられた時間が維持される。タイプBサービスに対して割り当てられた波長に対しては、このスケジュールは、その波長上の接続のリスト、並びに各接続の発信及び宛先、並びにその接続に割り当てられたタイムスロットのリストから構成される。

【0035】アクセスポートとそれらの関連するスケジューラエージェントとの間の通信は、タイプCサービスを使用する既知の波長及びそのスケジューラエージェントに対する既知のアドレスを使用して行なわれる。パワーアップされると、各アクセスポートは、そのスケジューラエージェントに登録を行なう。これは、システムの状態についての事前の知識を必要とせず、完全に自動的な自己構成 (self-configuration) を可能にする。レベル1スケジューリングに対しては、レベル1スケジューラエージェントの選択機能及び主要機能はレベル0スケジューラのそれと平行する。これに加えて、レベル1スケジューラは: 1) レベル0間及びレベル1間接続に対する要求に対して、これが本物であることを証明し、認可し、満足させなければならない。レベル0間要求はレベル1スケジューラの助けを求めることなく満足することができる。2) その構成レベル1網の一つから別の網への波長経路を確立するためのマッチメーカー機能 (matchmaker function) を提供しなければならない。3) 周波数選択性結合器/スターを使用してマルチキャスト接続を確立することを要求される。4) 要求に応じて、光経路を割り当てるためにレベル2スケジューラと通信しなければならない。5) タイプB接続を準備する目的で、そのレベル0網にタイミング情報を提供しなければならない。

【0036】レベル2スケジューリングに関しては、このスケジューラの選択機能及び主要な機能はレベル1及びレベル1スケジューラのそれと平行し、これに加えて、レベル2スケジューラは、1) レベル1間接続に対

する要求に対して、本物であることを証明し、認可し、これらを満足させなければならない。これは、レベル0網内、及び二つの適当なレベル1網間に存在する空きの波長経路を発見し、次に、波長変更デバイス及び波長ルータを使用してこれら波長経路を通じてのエンド・トゥ・エンド光経路を提供することによって達成される。電気通信領域においては、慣習として、光端末 (OT) は、例えば、Aloha (アロハ) を介して、接続要求をスケジューラに通信するために既知の波長を使用する。接続要求には、要求されるタイプのサービス、要求されるOTのアドレス、要求されるスループット及び優先度が含まれる。接続要求を受信すると、スケジューラはまた宛先がそのレベル0網内に存在するか否かを決定する。存在する場合は、これは、必要とされる資源、光経路及び十分な共通時間スロットが利用できるか否かを決定し、存在する場合は、これは、要求されたOTに対してこの新たな接続要求について通知する。この宛先がその後この接続を受け入れた場合は、要求OTがこのことについて通知を受け、通信が開始される。

【0037】但し、宛先が同一レベル1網内ではなく、異なるレベル0網上に存在する場合は、レベル0スケジューラは、そのレベル1スケジューラと通信してそれ自身のレベル0網と他のレベル0網との間の波長経路を提供する波長を選択する。タイプB接続要求に対しては、光経路が既に存在し、従って、タイムスロットを確立することのみが要求されることに注意する。要求された帯域幅に対して十分なタイムスロットが存在しない場合は、別の波長経路が確立される。宛先が同一のレベル1網内にない場合は、レベル0スケジューラはそのレベル1スケジューラと通信して光経路を発見するが、これは、ローカル的に利用できる波長を使用しての波長の変更を必要とする。光経路がいったん確立されると、この接続プロセスは、上に説明のように完結される。タイプBサービスに対しては、光経路に加えて、発信元及び宛先内で使用可能なタイムスロットを識別及び割り当てるのが要求される。普遍時間源 (universal time source) を要求する或は要求しないタイミング分配及びスロットマッチングスキームが同一レベル内のOTがタイプBサービスに対して一つの光経路を共有できるようにするために使用される。

【0038】このタイミング分配及びスロットマッチングスキーム (timing distribution and slot matching scheme) は強く要求されるものであり、各スケジューラの正確な (~ 100 ns) 時間同期を提供するためにグローバルポジショニングシステム (Global Positioning System, GPS) の受信機を使用する代替アプローチである。このような正確なグローバルタイミング同期は、接続セットアップ時における任意のOTから別のOTへの伝播遅延を直接に測定することを可能にする。いったん知られると、これら伝播遅延は、伝送時間を適当に調

節することによって補償することができる。動作において、通信経路をA) 同一の同報通信ローカルエリア網；つまりレベル0 ローカルエリア網に接続された光学ポート（図1参照）42と44の間；或はB) 同一LAN内ではないが同一MAN、つまりレベル1内の光学ポート42と46の間；或はC) 同一MAN内に存在しない光学ポート42と48との間に確立することができる。

【0039】光ポート42と44との間に通信経路を確立するためには；

- 1) 光ポート42がレベル0 (LAN) 網36のスケジューラエージェントに要求を送り；
- 2) スケジューラエージェントがどのローカル波長が利用可能であるか、及びポート44がビジーであるか否かを識別する信号を送り返す。ポート44がビジーでないときは、スケジューラエージェントはポート44にもこの要求について通知する。
- 3) ポート42はその送信機（レーザ）を利用可能なローカル波長にチューニングし、この波長が次にレベル0 (LAN) 網36に接続された全てのポートに同報通信される。但し、この波長信号はローカルバイパスのためにレベル1通信網62へは行かない。
- 4) ポート44がその受信機をこれと同一の波長にチューニングし、通信経路が確立される。

【0040】光ポート42と46との間の通信経路を確立するためには；

- 1) 光ポート42がそのレベル0通信網36のスケジューラエージェントと交信する。レベル0網はすると宛先レベル0通信網37のスケジューラエージェントと交信するが、これは、ポート46にこの要求について通知し、ポート46が空いているか否かを決定する。これは、レベル1通信網64のスケジューラエージェントを通じて行なわれる。
- 2) ポート42はそのスケジューラエージェントによってどのレベル1波長が使用するために空いているかを通知され、レベル1ルータは、この光学信号をレベル0通信網37の宛先ポートに向ける。
- 3) ポート42はその送信機を割り当てられた波長にチューニングするが、次に、この波長は、第一のレベル0通信網36からローカルバスパスを通過し、レベル1ルータを経て、次に宛先レベル0通信網37の全てのポートへと送信される。周波数の変更は行なわれない。
- 4) ポート46がその受信機をこの周波数にチューニングし、通信が確立される。

【0041】光学ポート42と48との間の通信経路を確立するためには；

- 1) ポート42がその要求を行なった後に、そのレベル0網内のスケジューラエージェント、そのレベル1網、

レベル2網；宛先レベル1網及び宛先レベル0網は、全てが協力してポート42からポート48への光学経路（光経路）を探す。この光経路の指定は、伝送波長、受信波長、及び要求される場合は、レベル2内の全ての中間波長の指定を伴う。

2) ポート42がその送信機を要求される送信波長にチューニングする。この信号は、レベル0通信網36からレベル1通信網62のルータを経てレベル2通信網80内のあるポイントに向かう。周波数は、レベル1通信網62からレベル2通信網80への途中で、或はレベル2通信網80内において変更される。

3) レベル2スケジューラエージェントが発信元レベル1網62から宛先レベル1網64への経路を確立する。これは、レベル2通信網80内において光学スイッチ、動的ルータ及び/或は周波数変更器を構成することによって遂行される。

4) レベル2通信網80が信号を宛先レベル1通信網64に配達し、必要であれば、適当な中間ルーティング及び/或は受信周波数に変更する。これは、レベル2通信網80内において、或はレベル2通信網80と宛先レベル0通信網38との間において遂行される。

5) 信号はレベル2通信網80から宛先レベル1通信網64のルータを経て、最後に、その周波数が正しいために、宛先レベル0通信網38へとルートされる。

6) 上に説明のように、ポート48はその送信機を正しい波長にチューニングし、この通信経路が確立される。

【0042】こうして、当業者においては、ここに明示的に示されない或は説明されていないが本発明の原理を具現する様々な構成を考案できることが理解できると思われる。従って、特許請求項の精神及び範囲に入るこれら全ての代替、修正及びバリエーションも本発明の原理によって網羅されるものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】三つのレベル、例えば、レベル0、レベル1及びレベル2を持つ全光学通信網のブロック図である。

【図2】図1の全光学通信網のレベル0の実現のブロック図である。

【図3】分割器/結合器の詳細なブロック図である。

【図4】図1の全光学通信網のレベル2のブロック図である。

【図5】静的波長ルータの動作図である

【図6】動的波長ルータの斜視図である。

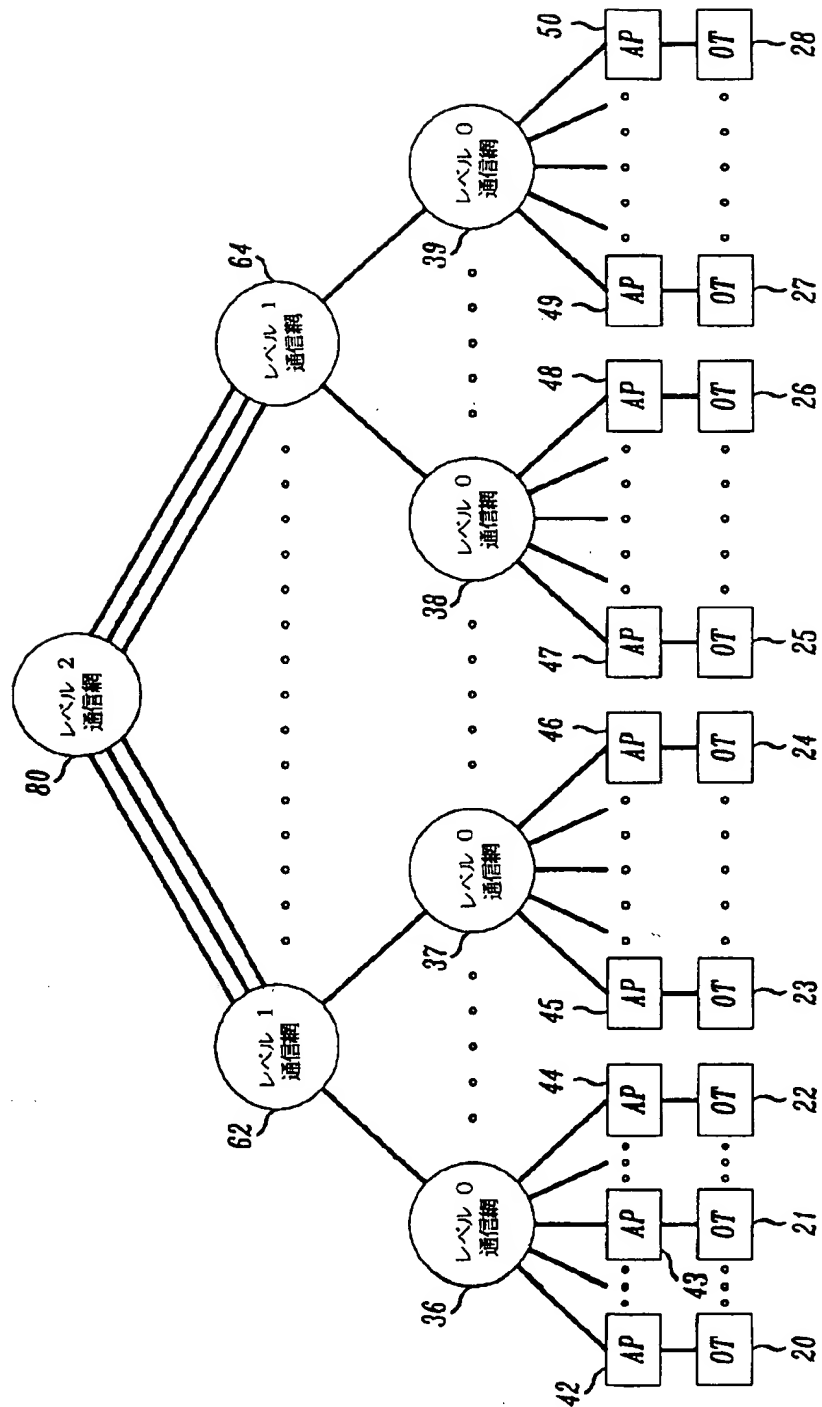
【図7】レベル2通信網の構成図である。

【符号の説明】

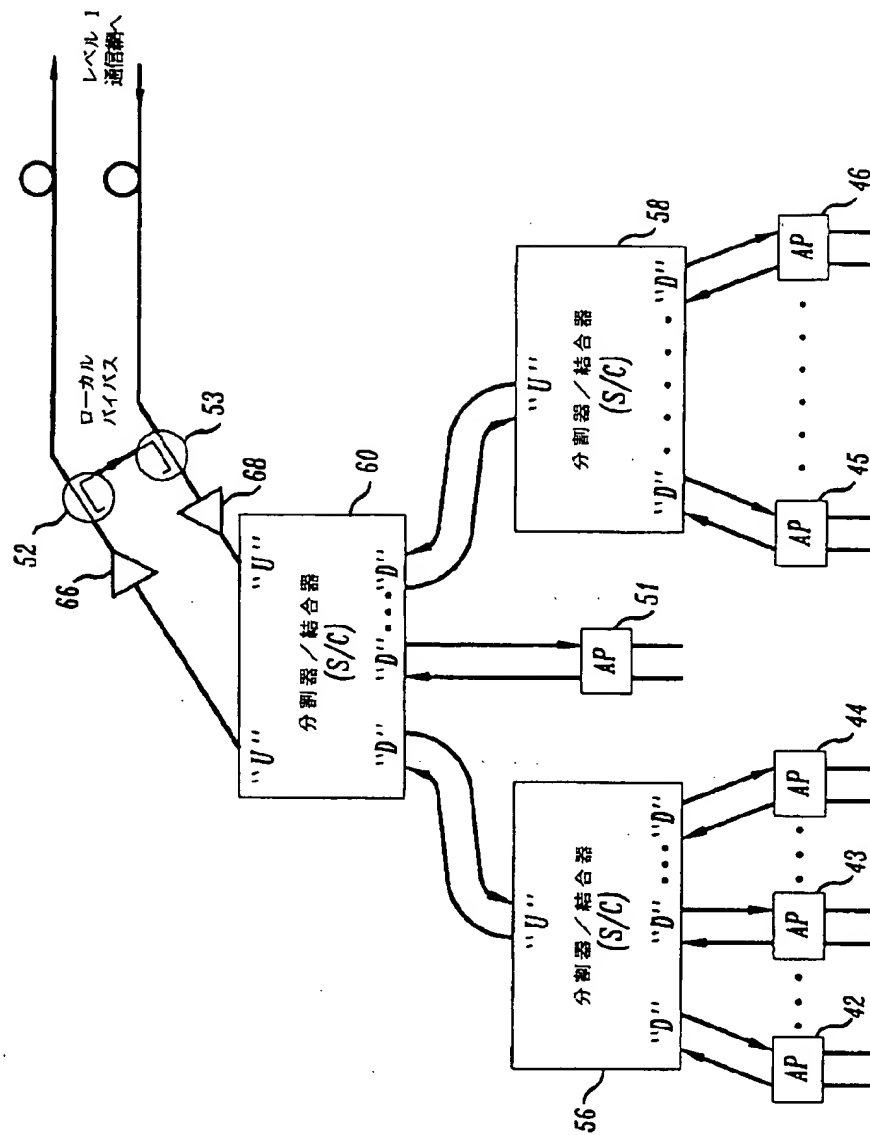
36～39、62、64、80 レベル通信網

56、58、60 分割器/結合器

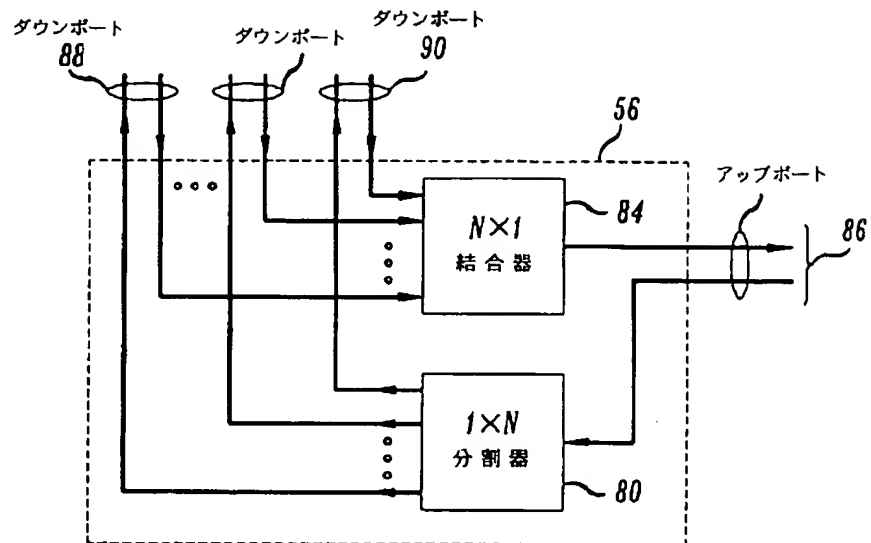
【図1】



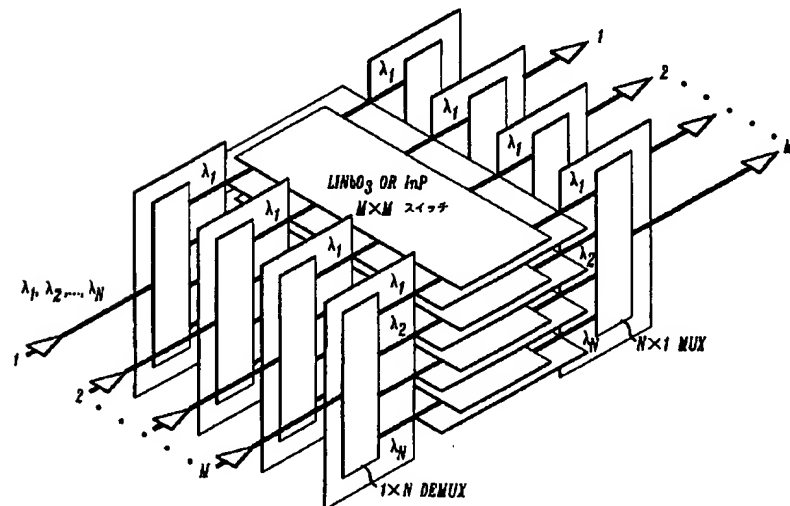
【図2】



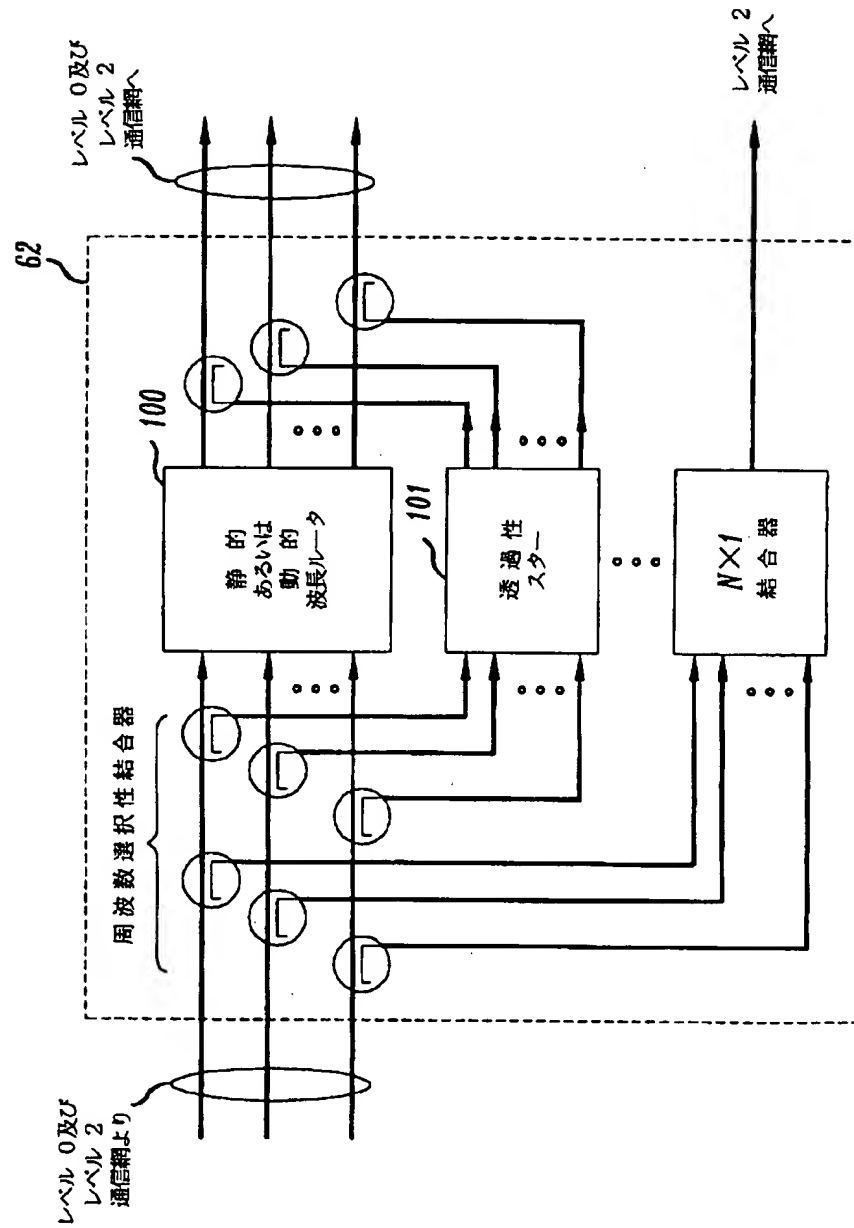
【図3】



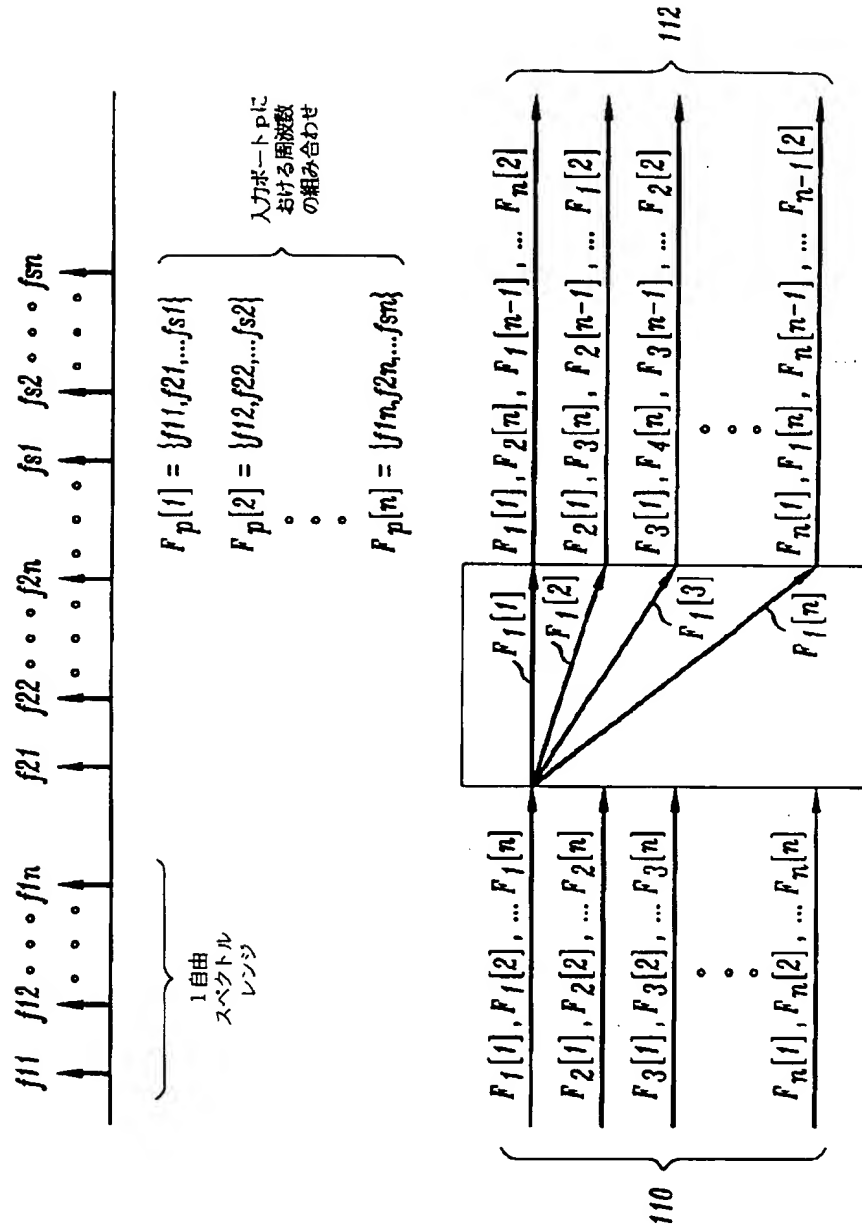
【図6】



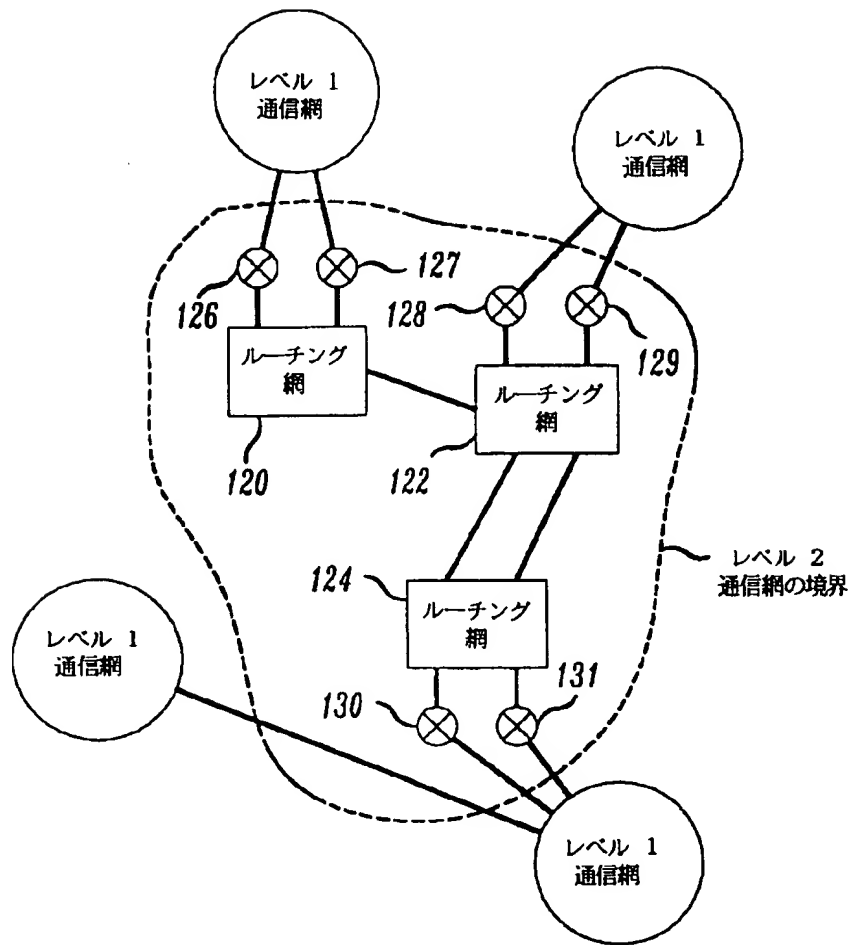
【図4】



【図5】



【図 7】



フロントページの続き

(72) 発明者 ロバート ジー. ガラジャー
アメリカ合衆国 01890 マサチューセツ,
ウィンチェスター, ワインライト ロード
ナンバー 31 7

(72) 発明者 アラン ジョセフ カービー
アメリカ合衆国 03049 ニューハンプシ
ヤー, ホリス, メンデルソーン ドライヴ
17

(72) 発明者 アデル アブデル モネイム サレー
アメリカ合衆国 07733 ニュージャージー
イ, ホルムデル, クラウフォーズ コーナ
ー ロード 112

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.